

IHI 式回转炉排炉探讨及其炉排制造工艺研究

刘朕成 李复生 唐君

(青岛荏原环境设备有限公司 山东 青岛 266000)

摘要: 本文探讨研究的回转炉排炉来源于日本 IHI 株式会社, 按照结构分类, 应算作卧式回转窑焚烧炉, 从安装实绩来看, 是日美等国家城市垃圾焚烧发电的一种选项。近几年, 青岛荏原环境设备有限公司多次承接该 IHI 回转炉的炉排制造项目, 从而对其整炉运转体系也有一定了解。目前, 该炉型国内并无安装应用, 希望通过本文分析探讨及重要部件的制造工艺研究, 为今后我国类似产品的发展、应用和制造工艺提供些许思路和经验。

关键词: 垃圾焚烧发电; 圆筒形水冷壁炉排; 制造工艺

0 引言

我国垃圾焚烧发电技术开始于 20 世纪 80 年代末期。尤其是城市生活垃圾处理方面, 自 1985 年深圳市从日本三菱引进第一台马丁式机械往复焚烧炉以来, 我国也一直在借鉴和发展自己的垃圾焚烧发电技术。由于早期并未实施垃圾分类政策, 城市生活垃圾湿度大、热值低, 所以结合国外成熟的设备特性及使用经验后, 国内在机械往复式炉排炉上研发投入较多^[1]。经过 20 多年的持续发展, 目前机械往复炉排炉作为国内市场主导, 占 80% 以上份额^[2]。

回转窑式焚烧炉由水泥回转窑演变而来。国内常见回转窑体一般由钢板制圆筒和耐火衬里组成, 窑内大多没有机械组件。由于具有物料适应性好、可以同时处理多种相态废弃物、入炉物料尺寸要求不高、操作简单、密封要求严格、燃烧过程不易控制等优缺点, 故被广泛用于医疗垃圾、工业危废品的处理, 且在这方面的市场占比能达到 85% 左右^[3]。

流化床焚烧炉, 作为发展应用较早的垃圾焚烧设备之一, 具有燃烧充分、过程易控等优势。但烟气中灰尘量大、操作复杂、运行费用较高, 对燃料粒度均匀性要求较高, 需大功率的破碎装置, 石英砂对设备磨损严重、设备维护量大, 易产生结焦, 系统连续运行能力较低等缺点也确实制约了其在我国的长足发展。

随着我国如今对垃圾处理, 尤其是城市生活垃圾的处理政策规范的加速完善, 对垃圾焚烧技术和设备性能改良的要求和期望会更加迫切。

1 IHI 式回转炉排炉探讨

1.1 结构简介

IHI 式回转炉排炉基本结构如图 1 所示, 其圆筒形水冷壁回转炉排 6° 倾斜卧装, 通过炉外驱动装置的旋转, 使垃圾在回转炉排内进行三维式输送和搅拌, 从上游给料侧依次进行干燥、热分解、一次燃烧,

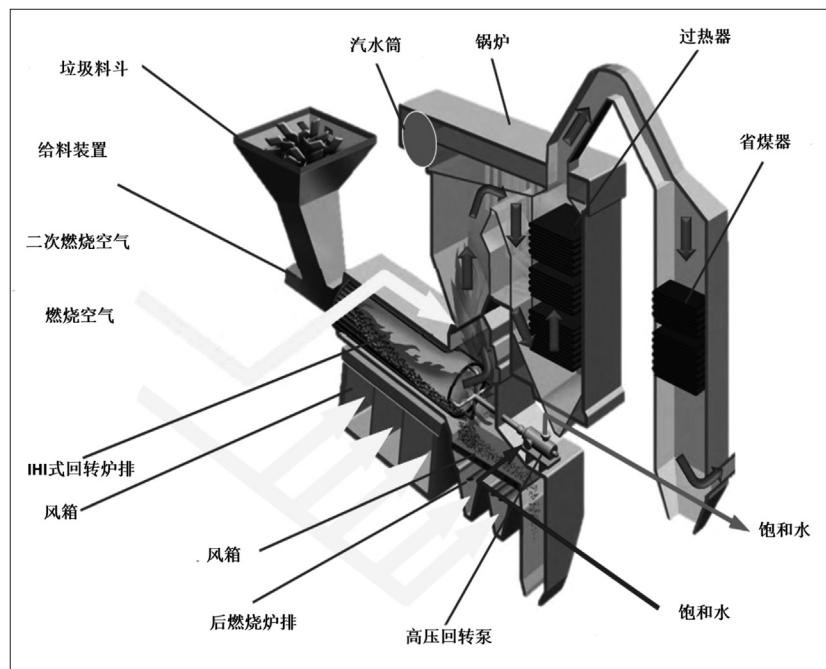


图 1 IHI 式回转炉排炉基本结构

灰烬通过滚动排出后进入后燃烧炉排，进行二次燃烧。

与国内用来处理危废的常见回转窑焚烧炉相比，其结构上最大的特点是把整个圆筒形水冷壁作为回转炉排，且炉排内外均无耐火施工。IHI 炉断面及回转炉排构造图如图 2 所示，回转炉排水冷壁鳍片上设有空气孔，由风箱从炉排内的垃圾底部供给燃烧空气；同时，回转炉排内下游侧形成的高温一次燃烧区中的火焰涡流，和从上游侧的干燥区、热分解区排出的水分、热解气、剩余空气充分混合，造成稳定的燃烧场。理论上吸收了流化床焚烧炉的部分

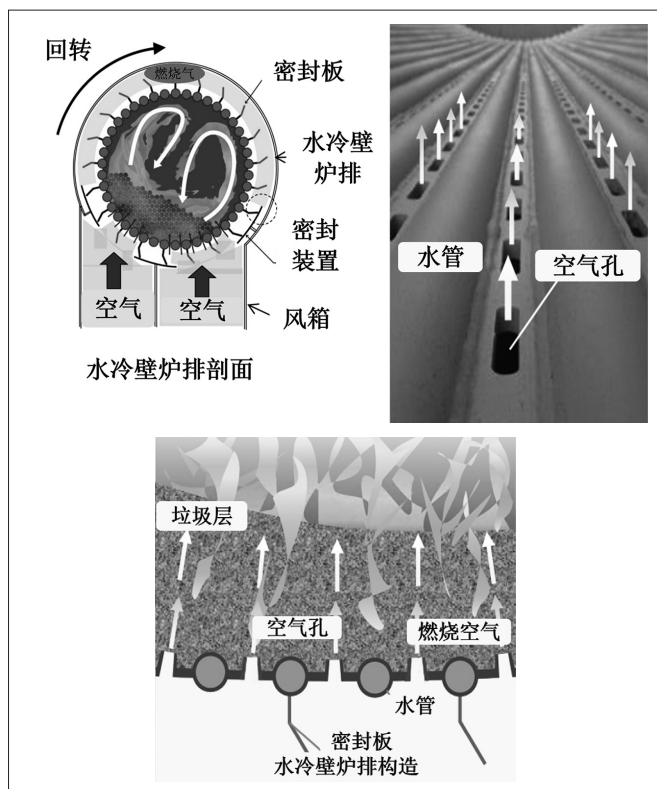


图 2 IHI 炉断面及回转炉排构造图

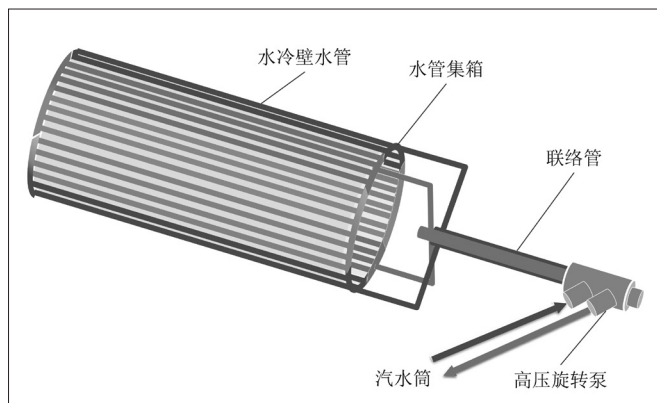


图 3 水冷壁回转炉排内水循环通路示意

优势^[4]。

另外，回转水冷壁中的循环水使得炉排表面温度区间维持稳定。水冷壁回转炉排内水循环通路示意如图 3 所示，为了使水冷壁表面温度均一，其中的循环水/汽被分割成多个通路，而循环过程正是通过高压旋转泵得以实现。如此使回转炉排能够避开 150℃ 以下的低温腐蚀和 320℃ 以上的高温腐蚀温区^[5]，也能最大程度地降低空气量不稳时对炉膛温度影响所产生的腐蚀可能性。

1.2 运维特性

了解 IHI 炉的结构特性后，不难理解它能表现出的运行和维护特点。比如：

- (1) 整机耐火施工极少；
- (2) 圆筒形水冷壁炉排结构，无需特殊护理，且抗磨损、抗腐蚀能力强，不用频繁更换；
- (3) 机械结构简单，故障率低，稼动率高；
- (4) 可处理的垃圾种类宽泛，生活垃圾、污泥、液废、橡塑材料等均可。

2 圆筒形水冷壁回转炉排制造研究

2.1 制作难点分析

圆筒形水冷壁由大量的 t16 设长孔鳍片与管子组合焊接而成，以某项目为例：圆筒内径 $\phi 3210$ 、筒长 9500mm，管子总数 128 根，图示要求直径公差 ± 3 ，否则直接影响筒外周向密封装置的制作性能。

从效率和人工强度来看，如果能分片自动焊接，油压机压弧成型后再组焊成整圆筒无疑最有吸引力。但是鳍片坡口大（两侧深度 7mm，钝边 2mm，焊透）、轴向焊缝长度大，使得防变形非常困难；而且鳍片设大量长孔，根本无法采用油压机压制成型。

为此先期进行了大量试验，最终确定使用工装分片（小屏）组焊方案，兼顾工效和质量，取得了满意结果。

2.2 组焊工艺

2.2.1 小屏组焊

(1) 把 128 根管的圆筒周向 8 等分，每份 16 根管，先制作 8 个小屏。由于油压机压制成型不可采用，所以直接利用小屏组焊工装进行制作。

(2) 小屏组焊工装（图 4）主要由多片设齿立板组成，齿宽及齿距根据水管尺寸和节距设定，齿槽分布在立板弧面上，弧度根据筒形水冷壁外圆大直径设定。工装上点焊比板，确认尺寸无误后，管子

和鳍片直接落入相应位置即拼屏组立完成。

(3) 小屏组立完成后做好固定, 单面封焊, 然后连同工装一起翻转至背面朝上, 再次封焊。

2.2.2 整圆组立

封焊后的 8 个等分小屏, 组立成整圆时仍然使用工装。整圆组立工装由三部分组成: 底座、内环支撑、端部管板环, 如图 5 所示。

对于本例中的圆筒形水冷壁, 根据其长度和之前反复试验的结果, 选用 3 个底座、10 个内环支撑, 由于两端约 400mm 范围暂无鳍片, 为了防止组焊过程中两端管子呈喇叭口样发散变形, 故各加装 1 个



图 4 小屏组焊工装

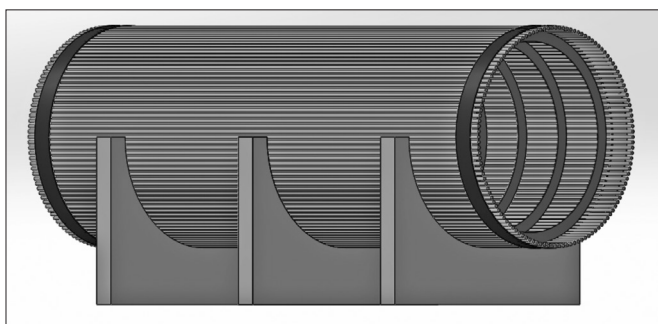


图 5 整圆组立工装使用示意图

端部管板环卡住固定。

2.2.3 整圆焊接

圆筒形水冷壁组立完成后的焊接作业, 由于焊道长, 入热量大, 轴向和周向焊接收缩都难以确切估量, 而产品尺寸公差要求又比较严格, 所以实际上是整个圆筒形水冷壁炉排制造过程中最具挑战的阶段。

虽然先期试验阶段, 试制品组立时也在内侧加装了一定数量的内环支撑, 但是多次焊接后均宣告试制失败。其中对于轴向收缩问题, 单位长度焊接收缩量通过试验不难得出, 在此数据指导下, 只要水管保留足够的焊后切断余量即可。问题在于, 周向有内环支撑的位置焊后直径尺寸尚可, 两撑之间的区域向内收缩较大, 焊后直径超差, 圆筒轴向呈明显波浪形。

由于焊接顺序影响焊接应力, 从而影响收缩变形, 在工装等直接外力加成已经发挥最大作用的情况下, 考虑更加细致合理的焊接顺序应该会最大限度减少应力变形。故再次试验后, 最终确定本例圆筒形水冷壁炉排的焊接方案如下:

(1) 将待焊产品从整圆组立工装底座平移至焊接滚轮架, 保障所有焊缝都能转动至平焊位置进行焊接。

(2) 将 128 根水管分成 32 个待焊区, 每区 4 根管。为了兼顾工效, 两个同处于平焊位的待焊焊缝可以同时焊接。如此 32 个待焊区编号 ①~⑬, 每个编号各 2 个, 如图 6 所示。

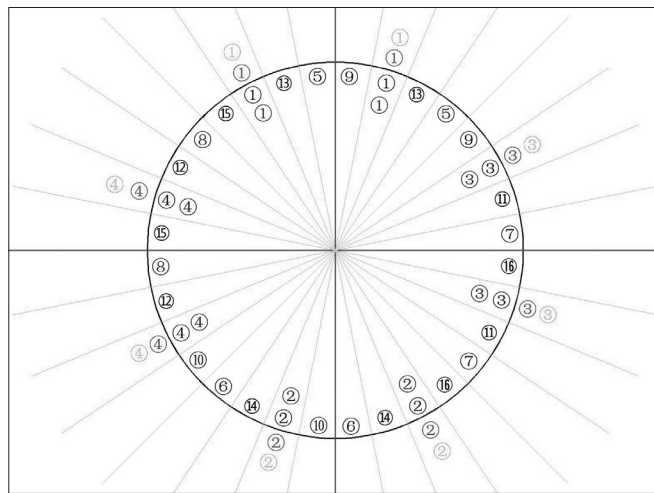


图 6 待焊区编号

(3) 将滚轮架旋转至合适位置, 焊接①区第一根管和鳍片的内侧第一层(即内侧打底), 再旋转后焊接②区第一根管和鳍片内侧打底……第⑬区第一根管和鳍片

内侧打底后，旋转返回①区进行第二根管和鳍片的内侧打底，以上操作循环一遍后，再从最初位置开始进行外侧第一层焊接（即外侧打底），循环后再从最初位置开始内侧第二层焊接（即内侧盖面），循环后再从最初位置开始外侧第二层焊接（即外侧盖面），直至所有水管都有同侧的一根鳍片焊接完成。此时再次回到①区，按编号顺序+内外顺序把所有水管变成“2管2鳍”，再重复至“4管4鳍”“8管8鳍”……直至所有焊接结束，如图7所示。需要注意的是，所有焊缝都要从长度中心向两端焊接。

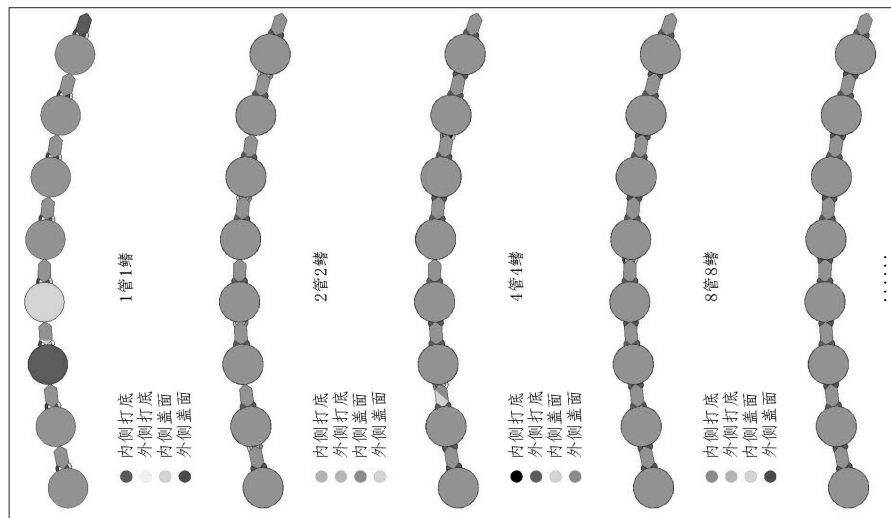


图7 焊接顺序示意图

(4) 焊接完毕以后，对筒体10个内环支撑位置及9个支撑区按米字方向各测量4个内径尺寸，所得数据如图8所示，无一超差。可以说在规范科学的组立焊接工艺支撑下，如此大的焊接量也能规避变形，从而使产品的制造过程可控、高效。

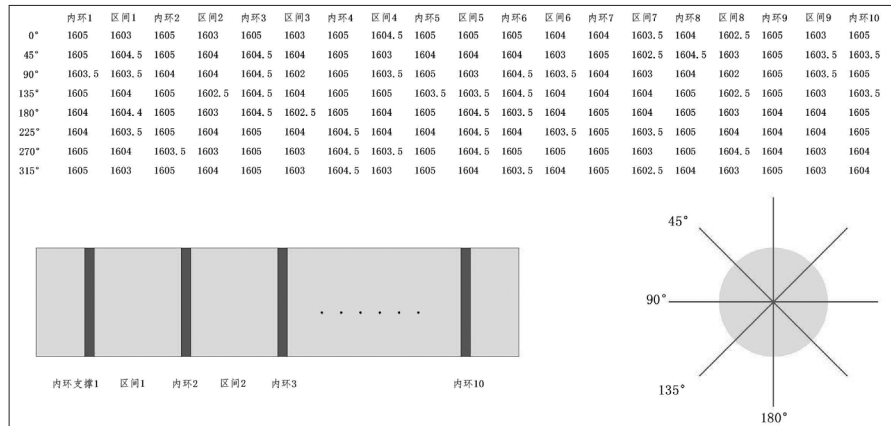


图8 测量数据

3 结语

2019年7月1日，上海率先实施生活垃圾分类制度，此后全国多个城市也相继被纳入垃圾分类试点实施城市^[6]。城市生活垃圾分类后相关焚烧技术和设备是否需要与时俱进，值得探索。本文通过对IHI式回转炉排炉的探讨及其炉排制造工艺的研究，为今后我国类似产品的发展、应用和制造工艺提供些许思路和经验。

参考文献:

[1] 汪军, 舒雄娟, 陈之航. 垃圾焚烧炉燃烧技术及设备的发展[J]. 能源研究与信息, 2000, 16(01): 44.
 [2] 王建刚, 张晓阳. 垃圾焚烧炉设备选型及机械设计分析[J]. 设备管理与维修, 2021(18): 121-122.

[3] 于维莉. 固体废物焚烧处理技术[J]. 广东化工, 2023, 50(03): 184-185.
 [4] 鈴木崇之, 梶原吉郎, 藤田淳, 等. 回転ストーカ式ごみ焼却炉における低空気比運転[J]. 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, 2022, 33: 309.
 [5] 陈敬军. 危险废物回转窑焚烧炉的工艺设计[J]. 有色冶金设计与研究, 2007, 28(2-3): 83.
 [6] 刘人铭. 城市生活垃圾分类制度执行情况调查[J]. 合作经济与科技, 2023(10): 165.

作者简介: 刘联成(1989.03-), 男, 汉族, 山东青岛人, 本科, 工程师, 研究方向: 垃圾焚烧、压力管道、余热锅炉、污泥焚烧等环保工程的设计和调试。